

走进大麻：大麻中的农药管制

Nate Seltznerich

<https://doi.org/10.1289/EHP5265-zh>

如果不是空气中弥漫着明显的大麻味道，从索诺玛实验室(Sonoma Lab Works)外看，这无非是商业园区内的一栋普通的大楼。其实，这不是普通大麻的味道，而是经过严格管制、专业培养、严格测试的合法大麻的味道。穿过深色的大门，8000 平方英尺的通风设备在荧光灯的照射下发出机器的轰鸣声。任何参观过大学化学系的人都能认出这种长长的白大褂。

索诺玛实验室位于加州圣罗莎(Santa Rosa)郊区，是加州 49 个独立的第三方实验室之一，负责确保全州的合法大麻没有受到农药污染。¹ 这不是一项简单的任务。为了单价为 \$890 美元的样品，² 索诺玛实验室要根据加州 2018 年推出的新法规对所有以大麻为原料的产品进行全面测试。³

训练有素的技术人员使用每台价值数十万美元的仪器，对功效、水分含量、残留溶剂、重金属、霉菌毒素、微生物杂质和农药进行高精度测量。⁴ 总而言之，只要是不符合州标准的产品，就不能合法销售。⁵

这些规定表明，加州最近成立的大麻管制局(Bureau of Cannabis Control, BCC)在尽最大的努力来保护全州数十亿美元市场的消费者。⁶ 但是，新兴行业与环境健康领域的人员对于BCC规定的目标的实现程度，特别是在农药使用上，持有截然不同的观点。至少有一件事情是明确的：加州对该挑战的应对，其影响已经远远超出州的界限。

农药问题

在加州和其他地方，长久以来大麻都是在农药的帮助下生长，包括一些仅供观赏的植物和很多与癌症或其他有严重健康影响相关的植物。但是大麻产量价值高，如果因为螨虫或霉菌损失一棵作物，就相当于损失数千美元。为了逃避监测在室内培育大麻，反而增加了虫害风险，而且有害微生物会迅速传播。对于不甚了解培育方法的非法种植户来说，因为不受监管，只喷农药就行，简单又便宜。^{7,8,9,10}

农业中农药的使用由美国环境保护署(EPA)监管，并受州以及地方政府的监管。¹¹ 但是，由于联邦政府仍然把大麻归为违禁药物，EPA 尚未准许在大麻植物上使用任何农药，也没有提供任何标准指导大麻产品残留多少农药量才算安全。^{12,13}

这给加州以及全美其他州带来了一个难题，在本文发表时，共有 9 个州试图将非法且仅限于医疗目的的大麻项目转为可以合法零售的正规行业。¹⁴ 这些州面临艰难的决策，不

得不在缺乏严谨数据的情况下监管含有潜在有害化学物质的大麻植物，而数据通常是制定农药使用条例的依据。

毫不奇怪的是，不可能有任何两个州的解决方案会是完全相同，即便是相邻的州。提供给消费者的保护程度也会是截然不同。^{15,16} 例如，位于加州北边的俄勒冈州要求测试不同的农药，对大麻产品的农药残留量执行不同的限量。在某些方面，俄勒冈州的限制比加州更为严格；而在其他方面，却更为宽松。¹⁷ 俄勒冈州北边的华盛顿州在 2014 年便开始销售休闲类大麻，¹⁸ 并且完全不要求农药测试。¹⁹

对于普通消费者，零售商和监管人员通常只是给了他们一些模糊的安全保证，他们感觉不到背后的不确定性。“大多数消费者都会如此假设，如果东西放在货架上销售，他们支付了销售税，那么这个物品就是安全的，”居住在科罗拉多州的大麻顾问、种植户兼企业家 Jill Lamoureux 说道。“然而，各州对此的做法非常随意，而且毫无科学依据。”

农药法规有总比没有强，即使在最不严格的制度下，当今的大麻消费者都可能会用到从未有过的更纯净的大麻，这可能会让消费者感到一丝安慰。但是，大麻足够纯净吗？什么是真正的安全？此外，同样重要的是，政府如何鼓励消费者和种植户加入合法市场而不进入缺乏安全保障的廉价黑市？解决这个问题不容易。由于其对公共健康的影响还是未知数，各州仍在继续摸索各自的政策。

加州的监管方式

总体来说，大多数行业观察人士认为加州的大麻农药法规在全国是最为严格的。加州拥有完善的农药监管部(Department of Pesticide Regulation, DPR)，在毒理学和人类健康风险评估方面拥有丰富的专业知识，因而使其有一定的优势。^{20,21} 在某种情况下，这些专业知识与环境监管的广泛支持相结合，有助于加州制定比 EPA 更严格的农药使用管理条例。²²

DPR 发言人 Charlotte Fadipe 说，加州利用这些资源制定了大麻的农药残留限制是为了保护公众的健康。但是，由于几乎完全缺乏该州大麻消费、随后的农药暴露以及吸入受污染大麻的烟雾或蒸汽可能对健康造成的影响的可靠数据，使得这个过程颇为复杂。更棘手的是联邦将大麻归为 1 级非法药物。

在美国购买的任何农药都有 EPA 的标签指明用于何种作物。标签还注明了获准的施用频率和时间以及工人必要



大麻、大麻毒品(marijuana)和大麻烟卷 (hemp) 之间有什么区别？它们都属于大麻类，但“大麻毒品”和“大麻烟卷”实际上是俚语，不是学名。大麻烟卷在联邦法律中是合法的，它的原料来自大麻的菌株，其影响精神的成分四氢大麻酚 (THC) 含量非常低（按重量计，低于 0.3%），而“大麻毒品”指的是 THC 含量更高的菌株。Image: © Zbynek Pospisil/iStockphoto.

的安全预防措施。²³ 任何不按照标签授权方式使用农药的行为都被视为非法。

由于没有注册用于大麻的农药，²⁴ 加州法律规定，仅在其活性成分符合特定标准时该农药产品才能用在大麻。也就是说，成分必须符合联邦农药残留耐受量要求，符合联邦注册要求，或注册的使用范围足够广泛，包括了大麻植物。符合这些标准的农药，例如硫磺、印度楝油和苏云金芽孢杆菌 (*Bacillus thuringiensis*) 在有机农业中也很常见。²⁵

但与此同时，加州也接受了对大麻使用农药的事实，另外，邻近农场可能过量喷洒农药，大麻食品(含有大麻素的食品和饮料)中的其他成分会有受到污染的可能性。因此，加州对大麻产品上的一些农药残留加以限制，而不是完全禁止。

设立这些限制的第一步是咨询大麻种植户和拥有合法市场的其他州的监管人员，例如华盛顿州和科罗拉多州，制定一份农作物常用的农药清单，由州政府认证的第三方实验室筛选。最后，DPR 得到了一份包含66种农药的清单。其中 21 种为 I 类农药，意味着禁止在大麻中使用，因为它们要么没有注册使用在谷物，要么已知会对地下水构成重大威胁。²⁶ 任何被检测到这些化合物的食物禁止上架销售。³

清单中的其他 45 种化学药剂都属II类农药，DPR 在可摄入和可吸入产品中测量了其单独使用量。实际上，种植户在某些条件下也能使用这些农药，索诺玛实验室主任 David Chen 说。只要成品的残留量低于规定的限值，就可视为安全销售的产品。³

在残留量许可范围的农药中，有一种叫联苯菊酯杀虫剂，它被 EPA 列为人类可疑致癌物，在动物实验中显示具有内分泌干扰的特性。²⁷ 联苯菊酯用在传统的农作物中，包括玉米、红草莓和啤酒花，²⁸ 在大麻世界中，通常在室内种植园以“爆炸”方式在种植周期之间杀死蜘蛛螨¹⁰。II 类清单还包括有机磷类乙酰甲胺磷和二嗪磷，用于控制大麻和各种传统水果、蔬菜、坚果和农作物的害虫。这些化学物质对鸟类和益虫都有高度神经毒性。^{29,30} 乙酰甲胺磷对人类有神经毒性，是一种人类可疑致癌物和潜在内分泌干扰物。³¹

加州的毒理学家们运用截然不同的方法，确定了可摄入和可吸入产品的农药残留限值，DPR 高级毒理学家 Svetlana Koshlukova 解释道。对食品、饮料和药酒，该州采用了EPA和其他国家以及国际监管机构制定的农药参考剂量³²。加



在雌性大麻花中发现 THC。雌花产生粘性树脂，以从雄株中获取花粉。在高含量 THC 品种中，这种树脂含有丰富的精神类化合物。当不对雌花授粉时能量无法转移到结籽上，此时会产出最强效的大麻。树脂的颜色提示农户 THC 含量什么时候达到最大。等到花期成熟便可以采摘、烘干和加工处理。它们可以被熏制或进一步加工成药酒、浓缩液、食品和其他产品。Image: © Canna Obscura/Shutterstock.

州的毒理学家以各种形式评估了大麻的最大消费量来替代任何有意义的数据。

Koshlukova 说，由于采用了毒性以及人类暴露的数据，DPR 认为他们的标准是以健康为依据的可摄入产品的农药残留量，这是其他州还没有的。因为加州的规定要求测试最终加工后的可食用产品，而不只是大麻来源的那一部分。这项限制也同时估算农药对产品中其他成分的潜在污染，例如面粉或糖。

对于可吸入产品，包括用于吸烟的熏制花卉产品和用于汽化的高度浓缩的提取物，加州完全缺乏毒性数据，因为农药参考剂量是基于摄入而非吸入（有或没有加热）。DPR 因而借鉴法国的烟草科学研究中心（Cooperation Centre for Scientific Research Relative to Tobacco, CORESTA）2016 年发表的结果³³，以了解在采用“良好农业规范”和使用最少量的可防止虫害的杀虫剂后烟叶中可能残留的农药量。

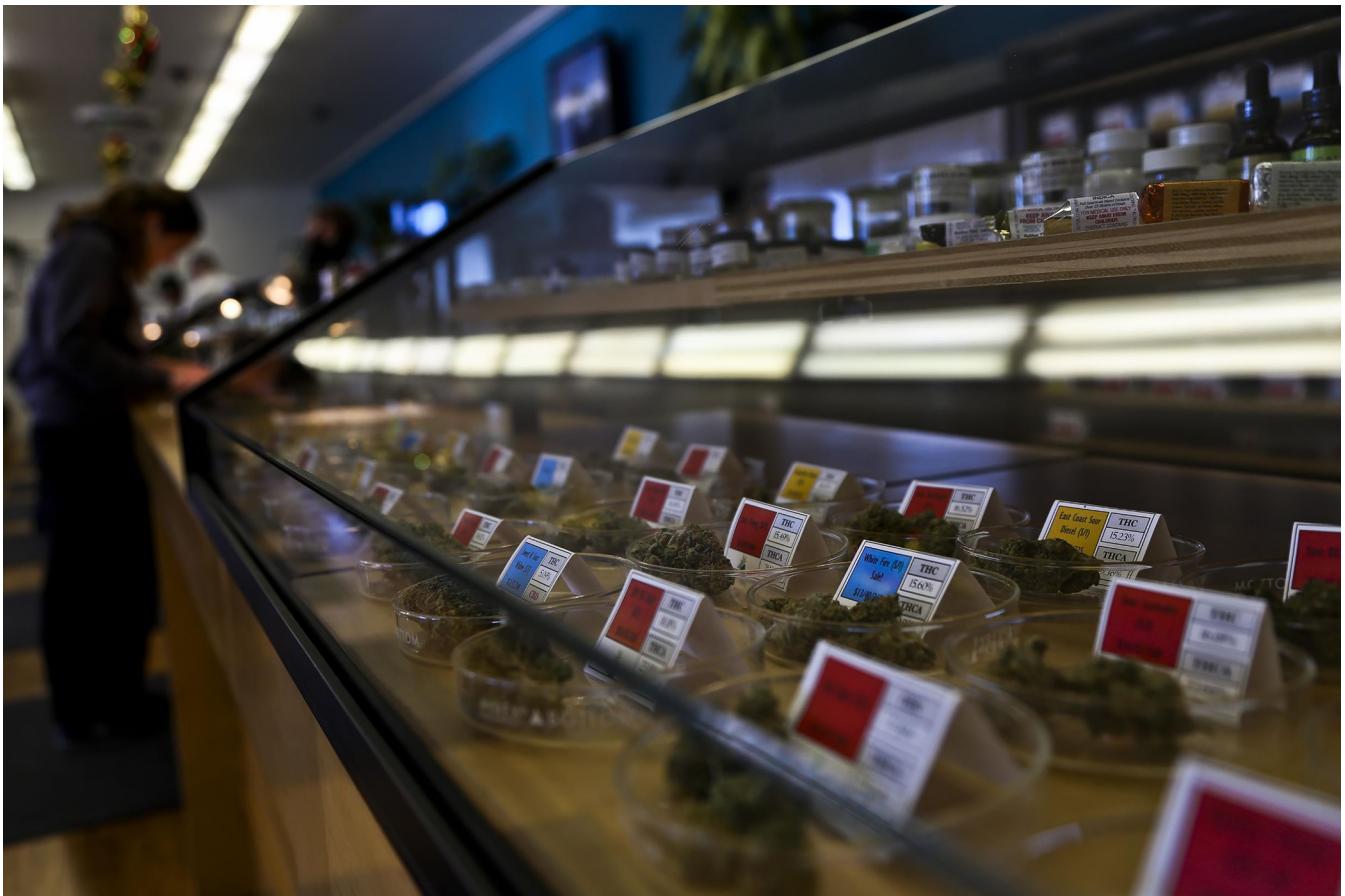
“无论是直接吸大麻或用蒸发器吸大麻，没有具体数据可供我们生成健康数字，完全没有，”Koshlukova 说。“因此，我们向[大麻管制]局提供了不含毒理学考量的水平。”

加州的执法力度足够吗？

加州与其他合法销售成人用大麻的州最与众不同的地方不是其规章制度的细节，而是其在大麻政策、安全以及在全国范围内的消费方面产生的巨大影响。

鉴于加州享有健康政策引领者和环境监管模范的声誉，寻求更新或制定新法规的其他州，甚至联邦政府都应该好好借鉴加州的大麻法规，Chris Hudalla 建议。Hudalla 是普洛沃德实验室（ProVerde Laboratories）创办人兼首席科学家，该实验室专门为萨诸塞州和缅因州测试大麻。

加州也是美国非法大麻的经济和文化发源地，其黑市依然十分猖獗，³⁴ 而且还可以向其他州大量输出剩余大麻。⁶



加州是美国非法大麻的经济和文化之乡，其黑市依然十分猖獗，而且可以向其他州大量输出剩余大麻。它还是全球最大的合法大麻市场；2016年，即娱乐性大麻合法化后的第一年，全州总销售额高达25亿美元。Image: © ZUMA Press, Inc./Alamy Stock Photo.

除此以外，拥有3950万居民的加州第一年的大麻销售额高达25亿美元，是世界上最大的合法大麻市场。³⁵

与此同时，一些专家担心加州在保护公众免受有害农药侵害方面做得还不够。位于华盛顿特区的一家非营利机构 Beyond Pesticides 的执行主任 Jay Feldman 就是其中之一。他特别提到，DPR 对可摄入产品农药许可残留量的估算缺乏科学考量。“如果化学物已在联邦系统中注册，DPR 就必须以同样的毒性测试方法对化学物进行综合风险评估，”他指出。

例如，有机磷类农药对大脑的作用方式是相似的。它们中有数十种都在美国注册使用，其中4种出现在加州II类农药清单上，即大麻的农药含量低于一定的许可阈值。根据2013年EPA的报告，因为这种共同机制，通过多种路径暴露在单一有机磷酸酯，或通过多种途径暴露在多种有机磷酸酯，可能会导致“严重的添加剂毒性。”³⁶

“数据的产生和评估成本很高，如果[DPR]没有此类数据，就要使用自己的法定权限采取预防措施，”Feldman说。这一论点非常合理，因为出于治疗需要使用大麻的个人，由于免疫系统受损或有潜在慢性疾病，可能更容易受到与农药有

关的健康影响。“假设他们没有结合考虑大麻农药残留量在饮食和非饮食暴露的总体累积风险，就会对农药残留量的安全性有一种错误的认识，”他说。

加州对可吸入产品拟出的农药残留限量凸显出一个更大的问题，这一问题在加州和整个行业都普遍存在。DPR 承认，他们对于农药加热时会发生什么样的化学变化知之甚少，这个过程有可能会分解成其他有害化合物，更别说这类暴露很可能会产生潜在的健康影响。

这种知识的缺乏部分原因是由于在联邦层面上大麻是非法的。此外，也源于一个事实，通过吸烟暴露农药的信息实际上是空缺的。这并非偶然，美国草药产品协会 (American Herbal Product Association) 首席科学官、美国药典医学大麻专家小组 (U.S. Pharmacopeia's Medical Cannabis Expert Panel) 成员 Holly Johnson 说道。

“理论上，我们应该向烟草行业寻求指导，然而实际上却没有多少有用的数据，”Johnson 说道。“由于有些研究已经表明，在吸烟过程中，从[香烟]过滤嘴吸入了大量农药，再者，由于还有一些与吸烟相关的特有风险，吸烟者的农药暴露问题没有得到真正重视。”



吸入是人体最敏感的暴露途径。“对于大多数农药，只有少量通过摄取途径的残留物能到达血液中，”农药顾问 Chuck Benbrook 说。“但是，吸入肺部的大多数残留物会直接进入血液。”Image: © Charles Wollertz/iStockphoto.

吸食大麻时一般不使用过滤嘴。由于相关的数据仍未公开，可能对公共健康造成严重影响，总部位于布拉格的国际大麻和大麻素研究所 (International Cannabis and Cannabinoids Institute) 研发总监 Ethan Russo 说。

“这些物质中有许多是有累积效应的，尤其是潜在的致癌物质，”Russo 说。“由于暴露了这些物质，我们不知道十到二十年后会发生什么。仅仅因为有人吸食了一些东西后没有发现任何不良影响，并不能说明这种东西是安全的。这是一种缓慢形成的危险。”

此外，吸入通常被视为人体最敏感的暴露途径，英国纽卡斯尔大学 (Newcastle University) 访问教授兼农药顾问 Chuck Benbrook 表示。“当你摄取食物中的农药时，这些残留物必须长驱直入你的消化道，再进入下肠道，才能被血液吸收，”Benbrook 说。“对于大多数农药，只有少量摄取的残留物能到达血液。然而，吸入肺部的大多数残留物会直接进入血液中。这是更强的暴露途径。”

2013 年发表的一项研究发现，大麻花上的农药残留在燃烧后会非常有效地转化为烟雾，从而传递给吸

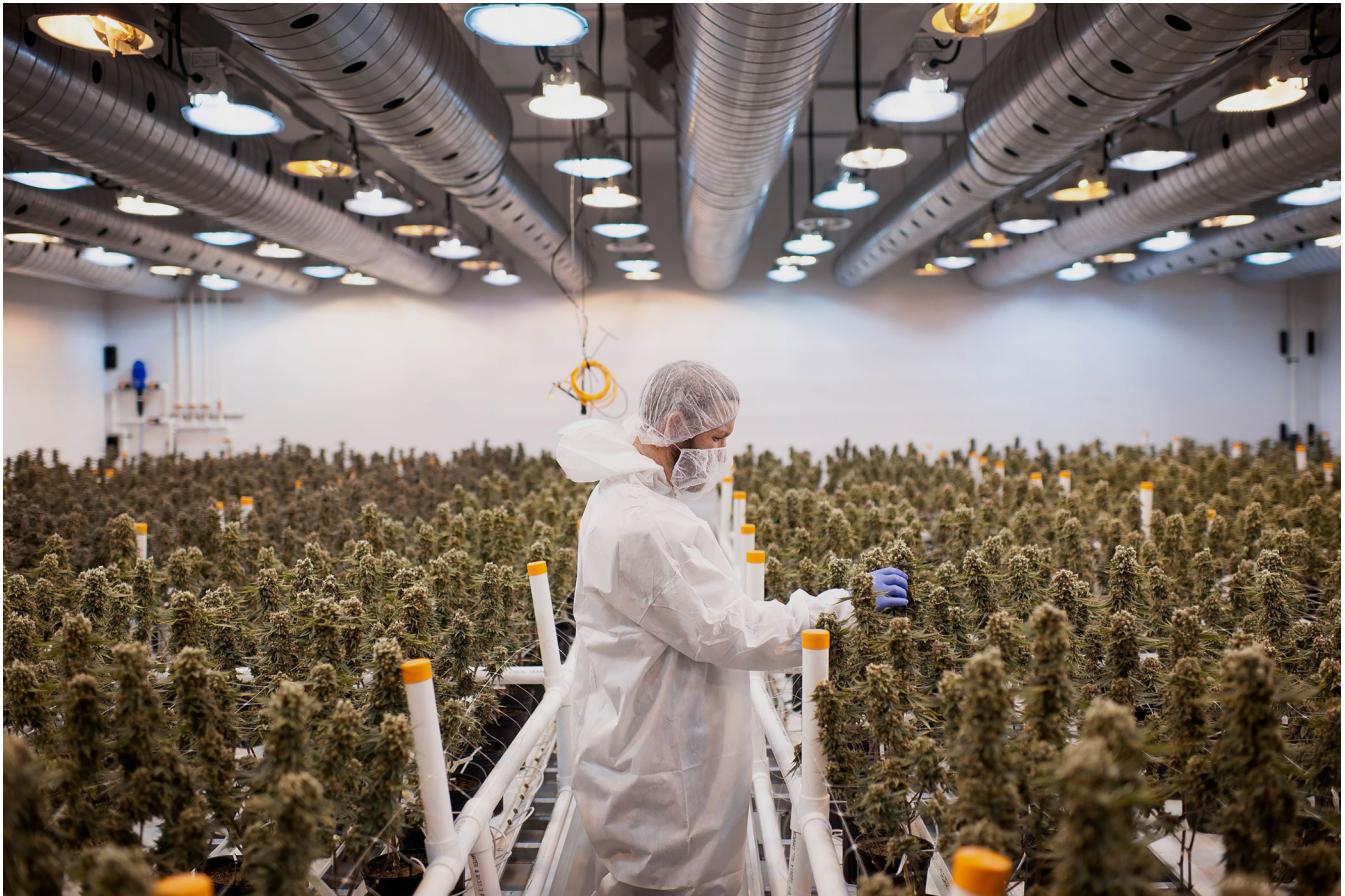
用者。加州的研究人员用一台吸烟机做实验证明，在玻璃管中燃烧后，花朵上残留的农药 60–70% 最终进入烟雾中。³⁷

加拿大模式

鉴于这些风险，Feldman 认为，最恰当的措施就是对农药全面实施零容忍，而不仅仅是测试一部分。“在医用大麻的名下，我们要考虑到有健康问题的敏感人群；他们可能有神经问题，可能是癫痫患者，也有可能是癌症患者，”他说。这些可能性要求我们采取预防措施，他建议：“因为我们知识的局限性、不确定性以及受影响的人群，这种特定的商品应该符合有机生产的要求。”

美国没有一个州采取这样的政策。要寻找真正零容忍的模范，加州需要再向北越过一个边界，即从华盛顿州到加拿大。从 2018 年 10 月开始，加拿大已成为全球第二个（继 2013 年乌拉圭之后³⁸）大麻合法化的国家。³⁹

加拿大现行的农药法规（从 2019 年 1 月 2 日起生效）要求测试 96 种化合物。⁴⁰ 比加州还要多 30 种，从而减少不法



加拿大对大麻的农药残留采取零容忍态度。由于种种原因,该国的大麻都在温室和室内种植,这可以保护作物,防止受到农药漂移的影响。但是,这也意味着比起户外种植,需要耗费更多的电和水来培育作物。Image: © Bloomberg/Getty Images.

种植户侥幸逃脱的可能性,以防他们使用自认为不会被检测到的有害化学药剂。

此外,大多数加拿大的农药残留限量都远远低于加州的限量。总体而言,他们不是以潜在的健康风险为依据,而是用现代技术可靠地量化残留物的最低浓度,也称为定量限 (limit of quantification)。该水平通常低于 0.01 ppm。

但是,由于一些实际原因加拿大的方法不适用于加州。首先,据普洛沃德实验室的 Hudalla 介绍,加拿大不在户外种植大麻,而北加州著名的“翡翠三角 (Emerald Triangle)”盆栽地区广泛采用户外种植方法。⁴¹ 在加拿大,虽然户外种植在技术上合法,但政府尚未批准任何户外种植的具体项目。⁴² 相反,该国的大麻都来自温室和室内种植,这样可以更加严格地进行控制。

“我们所处的环境中低剂量农药无处不在,”Hudalla 说。对于像加州这样的大农业环境更是如此,因为全国的大多数农产品都在这里生长。“即使没有使用农药,如果邻居正在使用农药,漂移物也会污染相邻的农作物。此外,EPA 已经确定,有些农药在环境中可以流动,出现在地下水和雨水中。”

即使种植户没有施过农药,户外种植的大麻作物也会受到农药的污染,有时候,残留量甚至高到无法通过检测。索诺玛实验室的 Chen 说,这种交叉污染不仅仅是理论场景;他曾亲眼见过自己的加州客户出现这种情况。“由于风或循环水的因素,农户常见的意外污染流动是来自相邻土地的过度喷洒所致,”他说。“这种低浓度的影响有很多种污染途径。”

不过,Hudalla 指出,将种植移到室内可以避免受到意外污染,但也会产生一系列后果,包括能源和水资源消耗的增加。这一种植类型会增加种植户的成本,而且由于零容忍政策的测试要求更严格:当残留限量下降时,设备、人员和实验室参考标准成本都将会上升。

“这些成本最终会转嫁到消费者身上,”Hudalla 说。“如果受监管的大麻价格上涨,消费者将会重新转向[非法]供应商。”

Chen 表示,加州强制检测的成本已经高到足以让一些长期种植大麻的人远离合法市场。由于 2018 年税收收入远低于预期水平,为了帮助刺激合法销售,消灭活跃的黑市,加州议员提议削减种植户和消费者支付的费用和税款。⁴³

与此同时，华盛顿州在合法销售大麻5年多后监管机构首次考虑强制性检测。其种植者表达了类似的担忧，担心额外的成本会影响他们的利润。⁴⁴ 据华盛顿州 Puffin 农场的种植户 Jade Stefano 的说法，在该州供大于求的市场环境中，像她那样致力于种植昂贵无农药大麻的人会首当其冲。“大多数种植户都在为经济效益和超低价格苦苦挣扎，额外增加成本肯定会让更多人失业，他们中很多人都是纯有机的合法种植户，”她说。

接下来要做什么？

除了室内种植和严格测试导致成本的增加，在对比残留限量时，消费者还有另一个需要谨慎的地方：除了大麻花和油基提取物，加拿大还未准许其他可食用大麻制品。这项禁令表明，与加州不同，加拿大的限量没有考虑其他食品成分的潜在污染。

加州 II 类清单上的几乎所有农药都在农业中大量使用，Benbrook 说。无论是被污染还是直接施撒农药，传统食品上很可能存在残留物。因此，即使大麻本身非常干净，符合加拿大可食用制品最低标准，但在加州很可能不被通过。

作为监管大麻的机构，加拿大卫生部计划在2019年10月前将可食用大麻合法化。而可食用品上的农药残留问题将很快成为加拿大面临的一个监管难题。⁴⁵ 该机构尚未披露如何规范这类产品的农药使用，位于阿尔伯塔的大麻测试实验室—Keystone 实验室的主任 Jodi McDonald 说。

如果加拿大卫生部决定像加州那样对最终加工后的食品进行测试，可能需要对其他成分的潜在污染留有一定的宽容度。“要符合加拿大食用大麻的现行农药残留限量，这对种植户来说肯定是一个难以逾越的障碍，”McDonald 说。

加州未来可能也会修订农药法规，Fadipe 说。DPR 已委托诊疗所进行一项关于个人使用大麻的消费调查，该调查将首次为监管机构提供可靠的数据，以了解人们如何使用大麻，以及在不同的人口统计中和易感水平下的使用量。

Fadipe 说，研究结果将在 2020 年底公布，可能会降低或提高农药残留限量。“取决于这项调查的结果，我们可能需要调整限量，”她解释道。“这可能意味着可以使用更多[农药]，也可能需要使用更少的农药。我们现在还无从知晓。”

到那时，也许接下来的问题是联邦政府是否准备将大麻合法化，就像最近让大麻的非精神作用的近亲—大麻烟卷合法一样。⁴⁶ 如果真是如此，如何管理农药使用和残留？监管条例是借鉴加州还是加拿大，或介于二者之间？这些法规的科学依据是什么？

索诺玛实验室高级科学家 Luke Khoury 说：“我们希望看到联邦政府在未来五到十年内做出改变。我认为，那时我们将看到政府下定决心，‘这些限量应该是多少？哪些化合物对消费者风险最大？让我们一起找出确切的答案。’”

Nate Seltenrich, 居住在旧金山湾区，撰写科学与环境方面的文章。他的文章涵盖能源、生态和环境健康，并发表在地区、国家和国际刊物上。

1. BCC (California Bureau of Cannabis Control). 2018. BCC Search Form. [Website]. <https://aca5.accela.com/bcc/customization/bcc/cap/licenseSearch.aspx> [accessed 4 March 2019].
2. Sonoma Lab Works. 2019. Pricing. [Website]. <https://sonomalabworks.com/pricing/> [accessed 4 March 2019].
3. BCC. 2019. Cannabis Regulations. [Website]. https://www.bcc.ca.gov/law_regs/cannabis_regs.html [accessed 4 March 2019].
4. Sonoma Lab Works. 2019. About Us. [Website]. <https://sonomalabworks.com/about/> [accessed 4 March 2019].
5. BCC. 2019. Testing Laboratories. [Website]. https://www.bcc.ca.gov/licensees/testing_labs.html [accessed 4 March 2019].
6. Fuller T. 2019. Now for the hard part: getting Californians to buy legal weed. The New York Times. 2 January 2019. <https://www.nytimes.com/2019/01/02/us/buying-legal-weed-in-california.html> [accessed 4 March 2019].
7. McPartland JM, McKernan KJ. 2017. Chapter 22: Contaminants of concern in cannabis: microbes, heavy metals and pesticides. In: *Cannabis sativa L.—Botany and Biotechnology*. Chandra S, Lata H, ElSohly MA, eds. Cham, Switzerland: Springer.
8. Dryburgh LM, Bolan NS, Grof CPL, Galettis P, Schneider J, Lucas CJ, et al. 2018. Cannabis contaminants: sources, distribution, human toxicity and pharmacologic effects. *Br J Clin Pharmacol* 84(11):2468–2476, PMID: 29953631, <https://doi.org/10.1111/bcp.13695>.
9. Russo EB. 2016. Current therapeutic cannabis controversies and clinical trial design issues. *Front Pharmacol* 7:309, PMID: 27683558, <https://doi.org/10.3389/fphar.2016.00309>.
10. Voelker R, Holmes M. 2015. *Pesticide Use on Cannabis*. Cannabis Safety Institute. <http://cannabissafetyinstitute.org/wp-content/uploads/2015/06/CSI-Pesticides-White-Paper.pdf> [accessed 4 March 2019].
11. U.S. EPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2018. Pesticide Registration. <https://www.epa.gov/pesticide-registration> [accessed 4 March 2019].
12. Stecker T. 2017. Federal ban—and anti-pot EPA—has states, firms scrambling. Bloomberg Bureau of National Affairs, Environment & Energy Report. 20 July 2017. <https://bnanews.bna.com/environment-and-energy/federal-ban-and-anti-pot-epahas-states-firms-scrambling> [accessed 4 March 2019].
13. Angell T. 2017. EPA denies marijuana pesticide applications, but is open to hemp uses. Marijuana Moment, Business section, online edition. 6 November 2017. <https://www.marijuanamoment.net/epa-denies-marijuana-pesticide-applications-open-hemp-uses/> [accessed 4 March 2019].
14. Berke J. 2018. Michigan just became the 10th state to legalize marijuana. Here's where marijuana won and lost in the midterms. Business Insider, online edition. 7 November 2018. <https://www.businessinsider.com/where-marijuana-is-on-the-ballot-in-the-midterms-2018-11> [accessed 4 March 2019].
15. Stone D. 2014. Cannabis, pesticides and conflicting laws: the dilemma for legalized states and implications for public health. *Regul Toxicol Pharmacol* 69(3):284–288, PMID: 24859075, <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2014.05.015>.
16. Feldman J. 2015. Pesticide Use in Marijuana Production: Safety Issues and Sustainable Options. BeyondPesticides.org, Programs section. <https://www.beyondpesticides.org/programs/national-watchdog/overview/pesticides-and-cannabis> [accessed 4 March 2019].
17. Farrer DG. 2015. Technical Report: Oregon Health Authority's Process to Determine Which Types of Contaminants to Test for in Cannabis Products, and Levels for Action. Salem, OR:Oregon Health Authority, Public Health Division. <https://www.oregon.gov/oha/ph/preventionwellness/marijuana/documents/oha-8964-technical-report-marijuana-contaminant-testing.pdf> [accessed 4 March 2019].
18. Broder Van Dyke M. 2014. Washington State celebrates first day of legal marijuana sales. BuzzFeed News. 8 July 2014. <https://www.buzzfeednews.com/article/mvbd/washington-state-celebrates-first-day-of-legal-marijuana-sale> [accessed 4 March 2019].
19. Beadle A. 2019. Washington State cannabis regulators consider mandatory pesticide testing. Analytical Cannabis. 25 January 2019. <https://www.analyticalcannabis.com/articles/washington-state-cannabis-regulators-consider-mandatory-pesticide-testing-311447> [accessed 4 March 2019].
20. DPR (California Department of Pesticide Regulation). 2019. Human Health Assessment Branch. <https://www.cdpr.ca.gov/docs/risk/riskassessment.htm> [accessed 4 March 2019].

21. DPR. 2019. Human Health Risk Assessment and Mitigation by Active Ingredient. https://www.cdpr.ca.gov/docs/whs/active_ingredient/index.htm [accessed 4 March 2019].
22. Smith S, Associated Press. 2015. California debuts nation's strictest rules on pesticides. San Jose Mercury News. 14 January 2015. <https://www.mercurynews.com/2015/01/14/california-debuts-nations-strictest-rules-on-pesticide/> [accessed 4 March 2019].
23. U.S. Code of Federal Regulations. 1992. Title 40, Chapter 1, Subchapter E, Part 156—Labeling Requirements for Pesticides and Devices. Fed Reg 57:38146. 21 August 1992. <https://www.loc.gov/item/fr057163/>.
24. DPR. 2016. Pesticide Use on Cannabis. https://www.cdpr.ca.gov/docs/county_cacptrs/penftrs/penf2017/2017atch/attach0301.pdf [accessed 4 March 2019].
25. DPR. 2017. Pesticides That Are Legal to Use on Cannabis. https://www.cdpr.ca.gov/docs/cannabis/can_use_pesticide.pdf [accessed 4 March 2019].
26. DPR. 2018. Pesticides That Cannot Be Used on Cannabis. https://www.cdpr.ca.gov/docs/cannabis/cannot_use_pesticide.pdf [accessed 4 March 2019].
27. National Library of Medicine. 2016. Bifenthrin. <https://toxnet.nlm.nih.gov> [accessed 4 March 2019].
28. U.S. EPA. 2015. Pesticide Product Label, Sharda Bifenthrin 2E, 10/30/2015. https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/ppls/083529-00048-20151030.pdf [accessed 4 March 2019].
29. Christiansen A, Gervais J, Buhl K, Stone D. 2011. Acephate General Fact Sheet. National Pesticide Information Center, Oregon State University Extension Services. <http://npic.orst.edu/factsheets/acephagen.html> [accessed 5 April 2019].
30. Harper B, Luukinen B, Gervais JA, Buhl K, Stone D. 2009. Diazinon General Fact Sheet. National Pesticide Information Center, Oregon State University Extension Services. <http://npic.orst.edu/factsheets/Diazgen.html> [accessed 5 April 2019].
31. Christiansen A, Gervais J, Buhl K, Stone D. 2011. Acephate Technical Fact Sheet. National Pesticide Information Center, Oregon State University Extension Services. <http://npic.orst.edu/factsheets/archive/acephatech.html> [accessed 5 April 2019].
32. U.S. EPA. 2018. Reference Dose (RfD): Description and Use in Health Risk Assessments. <https://www.epa.gov/iris/reference-dose-rfd-description-and-use-health-risk-assessments> [accessed 4 March 2019].
33. CORESTA (Centre de Coopération pour les Recherches Scientifiques Relatives au Tabac). 2016. Guidance No. 1 - Agrochemical Guidance Residue Levels (GRLs). Agro-Chemical Advisory Committee (ACAC). July 2016. <https://www.coresta.org/agrochemical-guidance-residue-levels-grls-29205.html> [accessed 4 March 2019].
34. Eaze. 2018. Eaze Insights: The High Cost of Illegal Cannabis. https://cms-assets.eaze.com/content/2018/08/07204402/Eaze-Insights_08_01_2018_V4.pdf [accessed 4 March 2019].
35. Desjardins J. 2018. California's recreational cannabis industry is booming—but regulations are posing a unique threat. Business Insider. 28 August 2018. <https://www.businessinsider.com/californias-recreational-cannabis-industry-is-booming-but-regulations-are-posing-a-unique-threat-2018-8> [accessed 4 March 2019].
36. U.S. EPA. 2013. Chapter 5: Organophosphate insecticides. In: *Recognition and Management of Pesticide Poisonings*. Reigart JR, Roberts JR, eds. 6th ed. (Washington, DC:U.S. Environmental Protection Agency. 43–55. http://npic.orst.edu/RMPP/rmpp_ch5.pdf [accessed 4 March 2019].
37. Sullivan N, Elzinga S, Raber JC. 2013. Determination of pesticide residues in cannabis smoke. *J Toxicol* 2013:378168, PMID: 23737769, <https://doi.org/10.1155/2013/378168>.
38. Maybin S. 2019. Uruguay: the world's marijuana pioneer. BBC News, Business section. 4 April 2019. <https://www.bbc.com/news/business-47785648> [accessed 6 April 2019].
39. Bilefsky D. 2018. Legalizing recreational marijuana, Canada begins a national experiment. New York Times. 17 October 2018. <https://www.nytimes.com/2018/10/17/world/canada/marijuana-pot-cannabis-legalization.html> [accessed 4 March 2019].
40. Health Canada. 2018. Mandatory Cannabis Testing for Pesticide Active Ingredients—List and Limits. <https://www.canada.ca/en/public-health/services/publications/drugs-health-products/cannabis-testing-pesticide-list-limits.html> [accessed 4 March 2019].
41. Downs D. 2018. At harvest time, farmers survey a changed Emerald Triangle. Leafly.com, Industry section. 16 October 2018. <https://www.leafly.com/news/industry/how-harvest-changed-in-emerald-triangle-california> [accessed 4 March 2019].
42. George-Cosh D. 2019. 'Let Mother Nature do its thing': pot firms eye outdoors ahead of edibles. BNN Bloomberg, Commodities section. 1 March 2019. <https://www.bnnbloomberg.ca/let-mother-nature-do-its-thing-pot-firms-look-to-grow-outdoors-ahead-of-edibles-1.1222474> [accessed 4 March 2019].
43. Elias P. 2019. California lawmakers seek tax cuts for sluggish pot industry. AP News. 28 January 2019. <https://www.apnews.com/2a022328c0a04356be4cbc7c5a8a9f64> [accessed 4 March 2019].
44. Q13 News Staff. 2019. State Board Considers Requiring Pesticide Testing on Pot after California Recall. 25 February 2019. Q13 Fox.com. <https://q13fox.com/2019/02/25/state-board-considers-requiring-pesticide-testing-on-pot-after-california-recall/> [accessed 4 March 2019].
45. Wright T. 2019. Edibles will be legal next fall—but cannabis-infused booze will not. National Post, News section. 21 December 2018. <https://nationalpost.com/news/canada/edibles-will-be-legal-next-fall-but-cannabis-infused-booze-will-not> [accessed 4 March 2019].
46. Cherney MA. 2018. Hemp is now legal in the U.S., so what does that mean for pot companies? MarketWatch, Industries section. 23 December 2018. <https://www.marketwatch.com/story/cbd-and-hemp-are-now-legal-in-the-us-so-what-does-that-mean-for-pot-companies-2018-12-20> [accessed 4 March 2019].